

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-094173

(43)Date of publication of application : 06.04.2001

(51)Int.Cl.

H01L 43/08  
G01R 33/09  
G11B 5/39  
H01F 10/16  
H01F 10/32  
H01L 43/10

(21)Application number : 11-269111

(71)Applicant : FUJITSU LTD

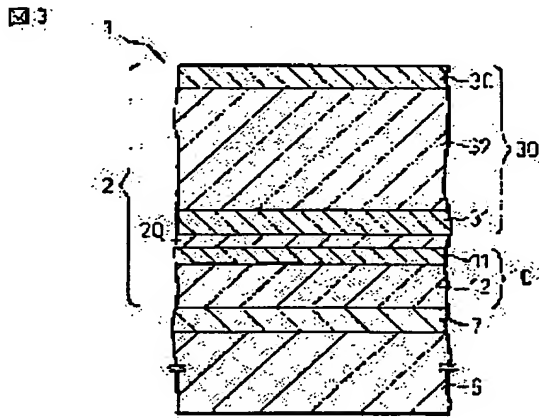
(22)Date of filing : 22.09.1999

(72)Inventor : KIKUCHI HIDEYUKI  
SATO MASASHIGE  
KOBAYASHI KAZUO

(54) MAGNETIC SENSOR, MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic sensor which can realize MR ratio of at least 30%.

SOLUTION: This magnetic sensor has a ferromagnetic tunnel junction unit which includes a first ferromagnetic metal layer and a second ferromagnetic metal layer formed thereon through an insulating barrier layer. At least either of the first and second metal layers is formed of a CoFe alloy containing Fe at a composition ratio of 25 to 51 at.%. 

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-94173

(P2001-94173A)

(43) 公開日 平成13年4月6日 (2001.4.6)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テ-マ-ト (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 F 10/16	5 E 0 4 9
H 0 1 F 10/16		10/32	
10/32		H 0 1 L 43/10	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-269111

(22) 出願日 平成11年9月22日 (1999.9.22)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 菊地 英幸

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 佐藤 雅重

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

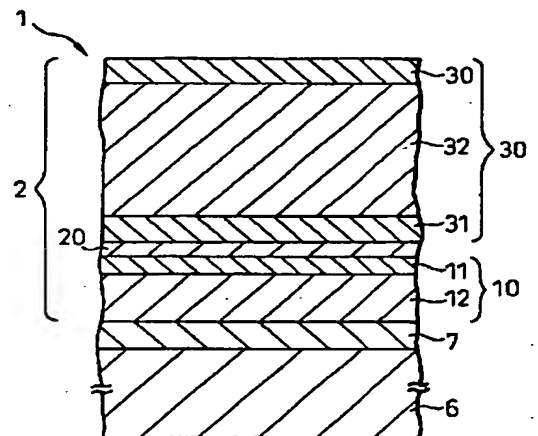
(54) 【発明の名称】 磁気センサー、磁気ヘッド及び磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 少なくとも30%のMR比を具現できる磁気センサーを提供すること。

【解決手段】 第1の強磁性金属層と、絶縁障壁層を介してその上に形成された第2の強磁性金属層とを含む強磁性トンネル接合単位を備えた磁気センサーにおいて、第1及び第2の強磁性金属層の少なくとも一方が、25at%以上かつ51at%未満の範囲の組成比でFeを含むCoFe合金からなるように構成する。

図 3



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の強磁性金属層と、絶縁障壁層を介してその上に形成された第2の強磁性金属層とを含む強磁性トンネル接合単位を備えた磁気センサーにおいて、前記第1及び第2の強磁性金属層の少なくとも一方が、25at%以上かつ51at%未満の範囲の組成比でFeを含むCoFe合金からなることを特徴とする磁気センサー。

【請求項2】 前記第1及び第2の強磁性金属層の一方のみが、25at%以上かつ51at%未満の範囲の組成比でFeを含むCoFe合金からなることを特徴とする請求項1に記載の磁気センサー。

【請求項3】 前記第1及び第2の強磁性金属層の両方が、25at%以上かつ51at%未満の範囲の組成比でFeを含むCoFe合金からなり、その際、それぞれの金属層のFe組成比は同一であっても異なってもよいことを特徴とする請求項1に記載の磁気センサー。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気センサーを磁気抵抗効果型トランスデューサとして装備することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項5】 請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気センサーを備えた磁気ヘッドを装備することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項6】 請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気センサーを装備することを特徴とするディスクアレイ装置。

【請求項7】 請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気センサーを装備することを特徴とするエンコーダ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気センサー、すなわち、磁界の変化を電気抵抗の変化に変換する磁気センサー、ならびにその磁気センサーを用いた装置に関する。本発明は、特に、磁気センサーを磁気抵抗効果型トランスデューサとして装備した磁気ヘッド及びその磁気ヘッドを装備した磁気ディスク装置ならびに磁気センサーを装備したディスクアレイ装置及びエンコーダ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置の高記録密度化や小型化に対応できる薄膜磁気ヘッドが注目され、その高性能化が要求されている。磁気抵抗効果型素子、すなわち、MR素子をトランスデューサとして装備した再生用ヘッド(MRヘッド)においては、異方性磁気抵抗効果を利用したAMR素子、磁気記録媒体の移動速度に依存せず、かつ高い出力が得られる巨大磁気抵抗効果を利用したGMR素子などが注目されている。その中でも、特にスピンバルブGMR素子は、比較的容易に作製することができ、しかも低磁場での電気抵抗の変化率も他の

2

MR素子に比べて大きいと、最近特に注目されている。

【0003】周知の通り、現在、スピンバルブ素子よりも高い磁気抵抗変化率(いわゆるMR比)が得られる種々の強磁性トンネル接合素子が提案されている。最近になって公開された特許出願の一例を示すと、例えば、特開平10-4227号公報及び特開平10-162326号公報には磁気センサー又は磁気ランダムアクセスメモリアレイ内のメモリセルとして使用可能な強磁性トンネル接合素子が、特開平10-162327号公報にはMRヘッドとして機能できる強磁性トンネル接合装置及びそれを使用したMRヘッドが、特開平10-190090号公報には強磁性トンネル接合素子ならびにそれを使用した接合メモリセルロース及び接合磁気センサーが、それぞれ開示されている。これらの公開特許公報に記載のいずれの強磁性トンネル接合素子も同様な構成を有していて、下側の強磁性層(下部電極)と、その上に順次形成されたトンネル・バリア及び上側の強磁性層(上部電極)とを含む強磁性トンネル接合構造を備えている。このようなスピンバルブ構造の強磁性トンネル接合素子は、例えば特開平10-190090号公報の図6で具体的に参照し、説明されている素子を参照すると、本願明細書に添付の図1に模式的に示すような層構成を有している。図示の強磁性トンネル接合素子は、基板109の上に、下部電極スタック110と、トンネル・バリア120と、上部電極スタック130とを備えている。この素子は、シリコン基板109の上に、電気リード層111としての5nmのTa層+10nmのCu層(Cu層は、シード層112としても働く)/テンプレート層114としての4nmのNiFe層/反強磁性層116としての10nmのMnFe層/下部強磁性層118としての6nmのNiFe層+2nmのCo層で構成される下部電極スタック110を備えている。電気リード層111は、Ta層ではなくてAu層、Al層などであってもよい。トンネル・バリア120は、プラズマ酸化した膜厚1.2nmのアルミニウム(Al)層、すなわち、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)層である。上部電極スタック130は、上部強磁性層132としての20nmのNiFe層と、電気リード層150としての20nmのCu層とで構成される。上部強磁性層132は、NiFe層などであり、また、トンネル・バリア120と上部強磁性層132との間には、下部強磁性層118と同様に、Co層が介在せしめられていてもよい。電気リード層150は、電気リード層111と同様に、Cu層ではなくてAu層、Al層などであってもよい。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来のスピンバルブ構造の強磁性トンネル接合素子は、上記したように、通常、「…/反強磁性層(ピン層)/下部強磁性層(ピンド層)/トンネル・バリア(絶縁障壁層)/上部強磁性

3

層（フリー層）／…」なる層構成を有している。ここで、例えばピン層がIrMn層でありかつピンド層がCo層であるとする、Co層がIrMn層と交換結合し、ピンド層の磁化方向が固定される。したがって、外部から素子に対して磁場を印加すると、フリー層のみが磁化回転する。すると、以下に数式を参照して説明するが、磁場に依存してトンネル抵抗が変化する。

【0005】しかしながら、強磁性層にNiFe層やCo層を使用したのでは、図2に磁気抵抗効果曲線で示すように、十分に高い磁気抵抗変化率（MR比）を達成することができない。図示の例では約20%のMR比しか得ることができず、通常、最大値でも約25%である。しかし、このようなトンネル接合素子を上記したような磁気センサー、特に超高密度記録用磁気ヘッドの構成要素として使用する場合には、さらに大きな、少なくとも30%のMR比を具現する必要がある。

【0006】本発明の目的は、したがって、少なくとも30%のMR比を具現できる磁気センサーを提供することにある。また、本発明のいま1つの目的は、本発明により提供される高性能な磁気センサーを使用した装置を提供することにある。本発明の上記した目的及びその他の目的は、以下の詳細な説明から容易に理解することができる。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、その1つの面において、第1の強磁性金属層と、絶縁障壁層を介してその上に形成された第2の強磁性金属層とを含む強磁性トンネル接合単位を備えた磁気センサーにおいて、前記第1及び第2の強磁性金属層の少なくとも一方が、25at%以上かつ51at%未満の範囲の組成比でFeを含むCoFe合金からなることを特徴とする磁気センサーを提供する。

【0008】本発明は、そのもう1つの面において、本発明の磁気センサーを磁気抵抗効果型トランスデューサとして装備することを特徴とする磁気ヘッドを提供する。また、本発明は、そのもう1つの面において、本発明の磁気センサーを備えた磁気ヘッドを装備することを特徴とする磁気ディスク装置を提供する。さらに、本発明は、そのもう1つの面において、本発明の磁気センサーを装備することを特徴とするディスクアレイ装置を提供する。

【0009】さらに、本発明は、そのさらにもう1つの面において、本発明の磁気センサーを装備することを特徴とするエンコーダ装置を提供する。本発明の磁気セン

$$R = R_s + 0.5 \Delta R (1 - \cos \theta)$$

すなわち、両磁性層の磁化の角度が揃っているとき（ $\theta = 0^\circ$ ）には、トンネル抵抗が小さく、両磁性層の磁化が反対向き（ $\theta = 180^\circ$ ）のときには、トンネル抵抗が大きくなる。これは、強磁性体内部の電子が分極していることに起因する。電子は、通常、上向きのスピン状

4

\*サーを使用して提供される上記した及びそれ以外の装置は、いずれも高性能である。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態を添付の図面を参照して説明する。なお、以下の実施形態においてはいくつかの限られた例を参照して本発明を説明するけれども、磁性層材料として使用するCoFe合金についての制限を除いて、本発明の範囲内においていろいろな変更や改良を施し得ること、磁気センサーの構成一般に関しては従来の磁気センサーのそれを適用可能であること、を理解されたい。

【0011】最初に、本発明のより良好な理解のため、本発明で採用されている強磁性トンネル接合について説明する。「金属／絶縁体／金属」という構造を持つ接合において、両側の金属間に電圧を印加すると、絶縁体が十分に薄い場合、わずかに電流が流れる。通常、絶縁体は電流を通さないが、絶縁体が十分に薄い場合（数Å～数十Å）には、量子力学的効果によって極くわずかに電子が透過する確率を持つために電流が流れる。この電流のことを「トンネル電流」と言い、この構造を持つ接合を「トンネル接合」と言う。

【0012】絶縁体の層には、金属の酸化膜を絶縁障壁として用いるのが通常である。例えば、アルミニウムの表面層を自然酸化、プラズマ酸化、熱酸化などで酸化させて酸化膜を形成する。とりわけ、プラズマ酸化法によって酸化アルミニウムの膜（アルミナ膜）を形成するのが有利である。また、酸化条件を調節することで、アルミニウム表面層の数Åから数十Åまでの深さを酸化膜とすることができる。形成されるアルミナ膜は絶縁体であるために、トンネル接合の絶縁障壁層として用いることができる。このような接合の特徴として、通常の抵抗と異なり、印加電圧に対する電流が非線形性を持つことから、非線形の素子として用いられてきていた。

【0013】上記のようなトンネル接合の両側の金属を強磁性金属に置き換えた構造が、本発明で採用されているもので、強磁性トンネル接合と呼ばれる。強磁性トンネル接合においては、トンネル確率（トンネル抵抗）が、両側の磁性層の磁化状態に依存することが知られている。つまり、磁場によってトンネル抵抗をコントロールすることができる。磁化の相対角度を $\theta$ とすると、トンネル抵抗Rは、次式（1）によって表すことができる。

【0014】

（式1）

態のもの（アップ電子）と下向きのスピン状態のもの（ダウン電子）が存在するが、通常、非磁性金属内部の電子は、両電子は同数だけ存在するため、全体として磁性を持たない。一方、強磁性体内部の電子は、アップ電子数（ $N_{up}$ ）とダウン電子数（ $N_{down}$ ）が異なる

50

5

ために、全体としてアップ又はダウンの磁性を持つ。

【0015】電子がトンネルする場合、これらの電子は、それぞれのスピン状態を保ったままトンネルすることが知られている。したがって、トンネル先の電子状態に空きがあれば、トンネルが可能であるが、トンネル先\*

$$\Delta R/R_s = 2 \times P_1 \times P_2 / (1 - P_1 \times P_2) \quad (式2)$$

ここで、 $P_1$ 、 $P_2$ は両磁性層の分極率であり、次式 ※ ※ (3) で表される。

$$P = 2 (N_{up} - N_{down}) / (N_{up} + N_{down}) \quad (式3)$$

分極率 $P$ については、強磁性金属の種類に依存するが、本発明で強磁性金属として使用される $CoFe$ の分極率は0.46であり、理論的にみても54%あるいはその近傍の磁気抵抗変化率(MR比)が期待できる。このようなMR比の値は、異方性磁気抵抗効果(AMR)又は巨大磁気抵抗効果(GMR)よりも大きく、したがって、磁気センサーなどへの応用が可能となるわけである。

【0017】図3は、本発明による磁気センサーの典型例を模式的に示した断面図である。図示の磁気センサー1は、シリコン基板6の表面を酸化して形成されたシリコン酸化膜7の上に形成された1つの強磁性トンネル接合単位2を装備している。トンネル接合単位2は、下部電極10、絶縁障壁層20及び上部電極30から構成される。下部電極10は、膜厚24nmの $NiFe$ 層(第1の強磁性金属層)12と、膜厚10nmの $CoFe$ 層11とから形成される。絶縁障壁層20は、膜厚1.6nmの $Al-Al_2O_3$ 層からなる。すなわち、この層は、アルミニウム( $Al$ )層をプラズマ酸化して得たアルミナ( $Al_2O_3$ )層である。上部電極30は、膜厚10nmの $CoFe$ 層31と、膜厚50nmの $IrMn$ 層32と、膜厚10nmの $Al$ 層33とから構成される。

【0018】図4は、図3に示した磁気センサー1の平面図である。図示のように、下部電極10に直交して、その上方に上部電極30が形成され、下部電極10と上部電極30の間に、電流源Iと電圧センサーVが接続される。電流源Iにより一定電流を磁気センサー1に流した状態で磁界が変化すると、抵抗値が変化をして両電極10及び30間で発現する電圧が変化する。この電圧の変化は、電圧センサーVにより測定することができる。

【0019】図3に示した磁気センサー1は、例えば、次のようにして製造することができ、先ず、図5(A)に示すように、矢印の方向に磁場をかけた状態で、基板6上に、ストライプ状のパターンを有するメタルマスク41を介して、 $NiFe$ を膜厚24nmで成膜し、その上にさらに、 $CoFe$ を膜厚10nmで連続して成膜する。このようにして形成された2層が下部電極10を構成し、磁場に対して自由に磁化が回転する第1の強磁性金属層となる。なお、 $CoFe$ は、 $NiFe$ より分極率が大きいので、強磁性トンネル抵抗変化を大きくする機能も有している。

6

\*の電子状態に空きがなければ、電子はトンネルすることができない。トンネル抵抗の変化率 $\Delta R$ は、電子源の偏極率とトンネル先の偏極率の積で表される。

【0016】

【0020】その後、図5(B)に示すように、円形のパターンを有するマスク42を介して、 $Al$ 層19を膜厚1.6nmで成膜する。引き続き、 $Al$ 層19の表面を図5(C)に示すようにプラズマ酸化する。 $Al-Al_2O_3$ からなる絶縁障壁層20が得られる。絶縁障壁層20の形成が完了した後、図5(D)に示すように、矢印方向に磁場をかけた状態で、マスク43を介して上部電極30の成膜を行う。ここで、磁場は、下部電極10の形成時の磁場の方向に直交する方向にかけられる。また、マスク43は、下部電極10と直交する方向のストライプ状のパターンを有している。具体的には、上部電極30は、 $CoFe$ を膜厚10nm、 $IrMn$ を膜厚50nmで順次積層することによって形成することができる。形成された上部電極30の上には、酸化防止膜として膜厚10nmの $Al$ を積層する。

【0021】図6は、本発明による磁気センサーのもう1つの典型例を模式的に示した断面図である。図示の磁気センサー1は、シリコン基板6の表面を酸化して形成されたシリコン酸化膜7の上に形成された1つの強磁性トンネル接合単位2を装備している。トンネル接合単位2は、下部電極10、絶縁障壁層20及び上部電極30から構成される。下部電極10は、膜厚17.1nmの $NiFe$ 層(第1の強磁性金属層)12と、膜厚3.3nmの $CoFe$ 層11とから形成される。絶縁障壁層20は、膜厚1.6nmの $Al-Al_2O_3$ 層からなる。すなわち、この層は、 $Al$ 層をプラズマ酸化して得た $Al_2O_3$ 層である。上部電極30は、膜厚3.3nmの $CoFe$ 層31と、膜厚17.1nmの $NiFe$ 層34と、膜厚45nmの $FeMn$ 層35と、膜厚8nmの $Ta$ 層36とから構成される。

【0022】本発明の磁気センサーでは、強磁性金属層の磁性材料として所定の組成比で $Fe$ を含む $CoFe$ 合金を使用したことにより、少なくとも30%の磁気抵抗変化率(MR比)を達成することができ、磁気センサーの用途を広範囲に拡大するとともに、いずれの用途においても満足し得る結果を得ることができる。本発明の磁気センサーにおいて、第1及び第2の強磁性金属層は、好ましくは、その一方のみが、25at%以上かつ51at%未満の範囲の組成比で $Fe$ を含む $CoFe$ 合金からなる。

【0023】もしもこのように第1又は第2の強磁性金属層を $CoFe$ 合金以外の金属から構成するような時に

7

は、本発明の作用及び効果に対して悪影響がでない限りにおいて任意の金属を成膜材料として使用することができる。適当な金属としては、以下に列举するものに限定されるわけではないけれども、Co、NiFeなどを挙げることができる。

【0024】また、別の好ましい態様に従うと、第1及び第2の強磁性金属層の両方が、25at%以上かつ51at%未満の範囲の組成比でFeを含むCoFe合金からなる。このような場合、それぞれの金属層のFe組成比は同一であっても異なってもよい。本発明におけるように、スピナバルブ構造を有する強磁性トンネル接合膜を磁気センサーに使用する場合には、反強磁性層（ピン層）が強磁性層（ピンド層）の磁化方向を抑える力（ $H_{ua}$ 、図2を参照）はより大きい方がよい。このことを考慮すると、ピンド層として、例えば、 $H_{ua}$ が大きいCoFe<sub>31</sub>層を使用し、フリー層に高いMR比を示すCoFe<sub>26</sub>を使用して強磁性トンネル接合膜を形成することが好ましい。この事実は、それぞれ、以下に参照して説明する図16及び図15から明らかである。このようにして得られる強磁性トンネル接合膜は、ピンド層及びフリー層の両方にCoFe<sub>31</sub>層を用いた強磁性トンネル接合膜よりも高いMR比を具現することができ、また、ピンド層及びフリー層の両方にCoFe<sub>26</sub>層を用いた強磁性トンネル接合膜よりも大きな $H_{ua}$ を具現することができる。

【0025】また、スピナバルブ構造を有する強磁性トンネル接合膜を磁気センサーに使用する場合には、保磁力はより小さい方がよい。このため、フリー層に、例えば、軟磁性材料であるNiFeなどを使用し、一方、ピンド層に、例えば、CoFeなどを使用することが好ましい。この場合、MR比は、フリー層にCoFeを用いた強磁性トンネル接合よりも小さくなり、保磁力も小さくなる。しかし、この強磁性トンネル接合をフリー層及びピンド層の両方にNiFeを用いた強磁性トンネル接合膜に比較した場合、より大きなMR比を具現することができる。

【0026】本発明の磁気センサーは、それをエンコーダに使用する場合、好ましくは、強磁性トンネル接合単位の複数個が直列に接続されているようにして構成される。磁気センサーの強磁性トンネル接合単位をこのように構成すれば、直列に接続された各強磁性トンネル接合素子が印加電圧を分圧するので、個々の強磁性トンネル接合素子に印加される電圧が減少する。したがって、磁気抵抗変化率が高い高性能な磁気センサーを得ることができる。また、磁気センサーの抵抗値が高抵抗となるため、磁気センサーに流れる電流が小さくなり、消費電力を小さくすることができる。

【0027】強磁性トンネル接合単位の直列接続は、好ましくは、次のような2つの方法で行うことができる。第1の直列接続方法は、複数個の強磁性トンネル接合単

8

位を基板上に並べて配置し、かつ、隣接する強磁性トンネル接合単位において、第1の強磁性金属層どうし又は第2の強磁性金属層どうしを一体に形成することにより前記の直列接続を行う方法である。このような方法に従う磁気センサーによれば、上部金属層及び下部金属層の成膜作業と同時に強磁性トンネル接合素子の直列接続が行われるので、作製を効率良く行うことができる。また、この磁気センサーでは、センサー素子に含まれる強磁性トンネル接合素子の数を余分に作製しておき、上部金属層と下部金属層とを短絡することにより不必要な接合を除去して、抵抗値の調整などを行える。これにより、磁気センサーの作製上の歩留りを向上させることができる。

【0028】図7は、本発明に従いN個の強磁性トンネル接合単位を直列に並べた磁気センサー素子を断面で示したものである。図において、参照番号1が磁気センサーであり、基板6上にN個の強磁性トンネル接合単位2が並列に並べて配置される。それぞれの接合単位2は、下部電極10、絶縁障壁層20、そして上部電極30からなる。2つの隣接する接合構造2の間で下部電極10と上部電極30とが一体的に形成され、また、接合単位2は、それぞれ、下部電極10及び上部電極30により直列に接続される。

【0029】この磁気センサー1によれば、下部電極10の成膜及び上部電極30の成膜と同時に、接合単位2の直列接続を行うことができるので、磁気センサーの作製が容易になる。また、強磁性トンネル接合構造2をN個並べたこの磁気センサー1では、1個の接合構造2の抵抗値をR（Ω）であるとする、磁気センサー1の全体の抵抗値はN×R（Ω）となる。

【0030】第2の直列接続方法は、複数個の強磁性トンネル接合単位を基板上に積層して多段に形成し、かつ、上下に隣接する強磁性トンネル接合単位において、下段側のトンネル接合単位の第2の強磁性金属層の上に、上段側のトンネル接合単位の第1の強磁性金属層を形成することにより、前記の直列接続を行う方法である。このような方法に従う磁気センサーによれば、小面積の磁気センサーを得ることができる。

【0031】図8は、N個の強磁性トンネル接合単位を上下に隣り合うように重ねて多層構造とした磁気センサーの断面を示したものである。図において、参照番号1が磁気センサーであり、基板6上に強磁性トンネル接合単位2をN層重ねることにより各接合2が直列接続される。1個の強磁性トンネル接合単位2は、それぞれ、下部電極10、絶縁障壁層20、そして上部電極30からなる。それぞれの接合単位は、下段の接合単位2の上部電極30の上に上段の接合単位2の下部電極10が成膜されることにより直列接続される。

【0032】この磁気センサー1によれば、膜厚方向に電流が流されるので、1層の接合単位2の抵抗値をRで

10

20

30

40

50

9

あるとすると、磁気センサー1の全体の抵抗値は $N \times R$  ( $\Omega$ )となる。上記したように、本発明による磁気センサーは、その優れた特性を生かして、いろいろな装置において有利に利用することができる。

【0033】1つの好ましい実施形態を示すと、本発明の磁気センサーは、磁気抵抗効果型トランスデューサとして磁気ヘッドにおいて利用することができ、したがって、以下に具体的に説明するように、本発明の磁気センサーを備えた磁気ヘッド、そしてそのような磁気ヘッドを装備した磁気ディスク装置が提供される。なお、以下に記載する磁気ヘッド及び磁気ディスク装置は、それぞれ、本発明の実施において好ましい一例を示したものであって、図示した以外の種々の構成を採用し得るということは言うまでもない。

【0034】図9は、本発明の磁気センサーを備えた磁気ヘッドの構成を説明する模式断面図である。図示のように、磁気ヘッド50は、アルチック ( $Al_2O_3 \cdot TiC$ ) 等のセラミック基板51上に形成される。セラミック基板51の上には、その基板51から順番に、下側磁気シールド52、非磁性絶縁膜53、そして上側磁気シールド54が形成されている。また、上下の磁気シールド52及び54により、磁気ヘッド50の前端部に形成された読み取りギャップ55中に本発明の磁気センサー56が配設されている。さらに、上側磁気シールド54の上には、非磁性絶縁膜57を介して磁極58が形成されている。磁気シールド54と磁極58との間には、磁気ヘッド50の前端部において書込みギャップ59が形成され、また、絶縁膜52中には書込みコイルパターン49が渦巻き状に形成されている。

【0035】図10は、本発明の磁気ヘッドを搭載した磁気ディスク装置の内部構成を示す平面図である。図では、本発明の磁気ディスク装置60の理解を容易にするために、破線の左側で上部カバーを取り除いた状態を示すとともに、破線の右側で、多段構成の磁気ディスク組立体70の一部を構成する磁気ディスク71及びこれに協働するアーム組立体72の構成を示す。

【0036】図10を参照するに、各々の磁気ディスク71は、モータ（図示せず）により駆動されるハブ71a上に固定されている。アーム組立体72は、枢回軸72a上に枢支されたアーム72b及びアーム72bの自由端上に設けられた磁気ヘッド72cを含む。さらに、アーム72b上の磁気ヘッド72cを担持する自由端と反対側の自由端には、ボイスコイルモータ73の一部を形成するコイル72dが、アーム72bの走査面に平行に巻回されている。また、コイル72dの上下にはボイスコイルモータ73の他の部分を構成する磁石73a及び73bが形成され、コイル72dを励起することによりアーム72を枢回軸72aの回りで自在に枢回させることが可能である。ボイスコイルモータ73は、アーム72bに担持された磁気ヘッド72cが磁気ディスク7

10

1上のシリンダないしトラック71bに追従するようにサーボ制御される。

【0037】図11は、図10の磁気ディスク装置60の内部構造を示す斜視図である。図11を参照するに、磁気ディスク組立体70は、回転ハブ71aに共通に保持された複数の磁気ディスク711, 712, ...を含み、これに対応してアーム組立体72も複数のアームの集合より構成されていることがわかる。各々のアーム72bは、枢回軸72aの回りで枢回自在に保持された共通の回動部材72e上に保持されており、回動部材72eの回動に伴って一斉に枢回する。勿論、回動部材72eの回動はボイスコイルモータ73の励起に対応して生じる。また、磁気ディスク装置の全体は気密封止された筐体61中に収められている。

【0038】本発明の磁気ディスク装置60では、磁気ヘッド72c中の読み取りヘッドとして、先に説明した本発明の強磁性トンネル接合磁気センサーを使うことにより、非常に高密度の磁気記録再生が可能になる。また、本発明の磁気センサーは、もう1つの好ましい実施形態を示すと、ディスクアレイ装置において活用することができる。ディスクアレイ装置は、基本的に従来の装置と同様に構成することができる。すなわち、本発明の磁気センサーを搭載したディスク (HDD) をアレイ状に配列するとともに、ディスクどうしをケーブル等の接続手段によって接続することができる。

【0039】さらに、本発明の磁気センサーは、もう1つの好ましい実施形態を示すと、エンコーダ装置において利用することができる。ここで、本発明を実施することのできるエンコーダ装置は、この技術分野において公知のいろいろなエンコーダ装置を包含することができるけれども、好ましくは、以下に図12を参照してその一例を示す無接点エンコーダ装置である。

【0040】図12(A)において、エンコーダ装置で用いられる回転着磁体65が示される。回転着磁体65の直径Dは10mmであり、また、その中央に位置する軸の直径dは5mmである。軸の円周上には、図示の通り、N極62及びS極63が交互に、全体で16組並べられている。磁気センサー1は、その中心が回転着磁体65の中間位置に来るように設置されている。なお、図示の例の場合、着磁周期 $\lambda$ は約1.5mmである。

【0041】図12(B)は、磁気センサー1を拡大して示したものである。4列のセンサー素子22~25が、基板6上に、回転着磁体65のマグネットの直径方向に平行で直線状に、かつ、それぞれのセンサー素子21の間隔が $\lambda/4$ となるように、配列される。図示の例では、センサー素子22~25のなす角が約5.6度、中心部の間隔が約0.37mmである。

【0042】図13は、図12のエンコーダ装置で使用されている磁気センサーの製造手順を順を追って示した平面図である。なお、ここで使用されている磁気センサ



11

一は、先に図7を参照して説明した直列接続構造のものである。このような磁気センサーは、トンネル接合構造が下部電極／絶縁障壁層／上部電極の3層のみで形成できるので、作製が容易である。また、それぞれのセンサー素子列は、センサー素子21を6個の直列で接合（接合面積： $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ ）して構成される。

【0043】まず、マスク（図示せず）を使って、基板6上に、ストライプ状にNiFeを膜厚17.1nmで成膜し、さらに連続してCoFeを膜厚3.3nmで成膜して、下部電極10を形成する。この状態を図13

(A)に示す。次いで、マスクを交換した後、それぞれの下部電極10ごとに、2つの絶縁障壁層20を成膜する。この絶縁障壁層20は、Alを膜厚1.3nmで成膜した後にその表面をプラズマ酸化することによって形成する。

【0044】Alのプラズマ酸化が終了した後、再びマスクを交換して、上部電極30を成膜すると共に、端子26～29の成膜を行う。この成膜は、CoFeを膜厚3.3nmで、NiFeを膜厚17.1nmで、そしてFeMnを膜厚45nmで、それぞれ成膜して行う。さらに続けて、形成された上部電極30の上部に膜厚8nmでTaを成膜する。このような一連の成膜工程が終了した状態を図13(B)に示す。

【0045】上記のようにして作製したエンコード装置の磁気センサー1に電池を使って3.0Vの電圧を印加すると、各強磁性トンネル接合単位に加わる電圧は0.50Vとなり、磁気抵抗変化率(MR比)は30%となる。また、回転着磁体65を一周させると、合計して16個の出力パルスを得ることができる。

【0046】

【実施例】引き続き、本発明をその実施例について説明する。なお、本発明は、以下に記載する実施例に限定されるものではないことを理解されたい。マスク（図示せず）を使って、酸化膜付きのシリコン基板上に、ストライプ状にNiFeを膜厚24nmでスパッタ成膜し、さらに連続してCoFeを膜厚10nmでスパッタ成膜した。本例では、CoFe中におけるFeの組成比の割合を評価するため、以下に図14を参照して説明するように、Feの組成比を12～57at%の範囲でいろいろに変更し、また、比較のため、Feの組成比が0at%である、すなわち、Coのみからなる膜も成膜した。スパッタ成膜中は、ストライプ状のNiFe膜の長手方向に磁場を印加した。このようにして形成された2層構造は、本例の磁気センサーにおいて、磁場に対して自由に磁化が回転する磁性層になる。

【0047】次いで、マスクを交換した後、Alを膜厚1.6nmでスパッタ成膜し、さらに続けて表面のプラズマ酸化を行った。Alのプラズマ酸化が終了した後、再びマスクを交換して、先に形成した磁性層に直交する方向に、磁場を印加しながら、先の工程と同様にCoF

12

e中におけるFeの組成比を異にするCoFeを、ストライプ状に膜厚10nmでスパッタ成膜し、その上にさらに、IrMnを膜厚50nmでスパッタ成膜した。さらに、IrMn膜の上に、酸化防止膜として、Alを膜厚10nmでスパッタ成膜した。最後に、シリコン基板を加熱炉に入れて、真空磁場中で225℃で熱処理を行った。

【0048】図14は、上記のようにして作製したスピンバルブ構造を有する磁気センサーの磁気抵抗変化率

(MR比)をFe組成比x(CoFexのFeの組成比、at%)の関数としてプロットしたものである。図示のグラフから理解されるように、CoFexを使用した強磁性トンネル接合膜のMR比は、Fe組成比xの大小にかかわらず、Coのみからなるトンネル接合膜に比較して顕著に大である。特に、Fe組成比xが26～57at%の範囲であるとき、30%以上の優れて良好なMR比を達成することができ、なかんずく、Fe組成比xが26at%のとき、実に42%という顕著に優れたMR比を達成することができる。

【0049】引き続き、CoFexのFeの組成比を異にするいろいろなスピンバルブ構造を有する磁気センサーについて、磁気抵抗変化率(MR比)と印加磁場(Oe)との関係を測定したところ、図15～図20にプロットするような磁気抵抗効果曲線が得られた。ここで、図15のFeの組成比は26at%、図16のそれは31at%、図17のそれは35at%、図18のそれは40at%、図19のそれは51at%、そして図20のそれは57at%である。

【0050】図15～図20の磁気抵抗効果曲線から考察するに、x=26～40at%のCoFexを使用した接合膜の磁気抵抗効果曲線は非常に良好なプロファイルを有しているが(図15～図18を参照されたい)、Feの組成比が増加するにつれて形に乱れが発生している。例えば、x=51at%のCoFexを使用した場合(図19)及びx=57at%のCoFexを使用した場合(図20)、印加磁場が0Oe付近において形の乱れが顕著である。このような好ましくない現象は、ピン層であるIrMn層がピンド層であるCoFex層の磁化方向を十分に固定することができていないために発生していると考察される。

【0051】また、磁化方向の不十分な固定の原因としては、次のようなことが考えられる。ピン層であるIrMn層は、下地の結晶構造がfccである場合、結晶構造が $\gamma$ 構造になり、ピンド層の磁化方向を固定する力が現れる。ここで、ピンド層としてCoFex層を使用した場合に、CoFex層中のFeの組成比xが51at%もしくはそれ以上では、CoFex層の結晶構造はbcc構造が支配的になるので、CoFex層の上に成膜されたIrMn層の結晶構造(上記したように、本来 $\gamma$ 構造であるべき)は乱れ、磁化方向を固定する力が減少



する。

【0052】さらに、一般的に述べて、接合膜の磁気抵抗効果曲線のプロファイルは、MR比が本発明で目標としているレベルに達していないという問題点はあるが、先に図2を参照して説明したような磁気抵抗効果曲線のプロファイルに近いことが望ましい。以上に説明したような事実を総合するに、本発明のスピンバルブ構造を有する磁気センサーを製造するに当たっては、 $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比は26at%以上、51at%未満の範囲にあることが好適である。

【0053】本発明は、上記した詳細な説明から明らかなように、磁気センサー、磁気ヘッド、そして磁気ディスク装置にある。本発明による磁気センサーは、特許請求の範囲に記載される通りのものであるが、次のような磁気センサーも包含する。

1. 強磁性トンネル接合単位の複数個が直列に接続されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気センサー。

【0054】2. 複数個の強磁性トンネル接合単位が基板上に並べて配置されており、かつ、隣接する強磁性トンネル接合単位において、第1の強磁性金属層どうし又は第2の強磁性金属層どうしが一体に形成されることにより前記の直列接続が行われていることを特徴とする上記第1項に記載の磁気センサー。

3. 複数個の強磁性トンネル接合単位が基板上に積層して多段に形成されており、かつ、上下に隣接する強磁性トンネル接合単位において、下段側のトンネル接合単位の第2の強磁性金属層の上に、上段側のトンネル接合単位の第1の強磁性金属層が形成されることにより、前記の直列接続が行われていることを特徴とする上記第1項に記載の磁気センサー。

【0055】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、少なくとも30%の磁気抵抗変化率(MR比)を有する高性能な磁気センサーを提供することができる。また、本発明によれば、高性能の磁気センサーを使用することにより、各種の優れた装置を提供することができる。典型的な装置としては、例えば、磁気センサーを磁気抵抗効果型トランスデューサとして装備した磁気ヘッド及びその磁気ヘッドを装備した磁気ディスク装置、磁気センサーを装備したディスクアレイ装置、磁気センサーを装備したエンコード装置、特に無接点エンコード装置を挙げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の強磁性トンネル接合を備えた磁気センサーの模式断面図である。

【図2】図1の磁気センサーの磁気抵抗変化率(MR比)を保磁力H(Oe)の関数としてプロットした磁気抵抗効果曲線である。

【図3】本発明による強磁性トンネル接合構造を備えた

磁気センサーの好ましい一例を示す模式断面図である。

【図4】図3の磁気センサーの強磁性トンネル接合構造の平面図である。

【図5】図3の磁気センサーの製造手順を順を追って示す断面図である。

【図6】本発明による強磁性トンネル接合構造を備えた磁気センサーのもう1つの好ましい例を示す模式断面図である。

【図7】本発明による、N個の強磁性トンネル接合構造を直列に並べたセンサー素子の構造を示す模式断面図である。

【図8】本発明による、N層の強磁性トンネル接合構造を多段に積層したセンサー素子の構造を示す模式断面図である。

【図9】本発明による磁気センサーを備えた磁気ヘッドの構成を説明する模式断面図である。

【図10】本発明による、図9の磁気センサーを備えた磁気ディスク装置の構成を説明する平面図である。

【図11】図10の磁気ディスク装置の内部構造を説明する斜視図である。

【図12】本発明による磁気センサーを備えた無接点エンコード装置の構成を説明する平面図である。

【図13】図12のエンコード装置で使用されている磁気センサーの製造手順を順を追って示す平面図である。

【図14】実施例で作製したスピンバルブ構造を有する磁気センサーのMR比をFe組成比x( $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比、at%)の関数としてプロットしたグラフである。

【図15】スピンバルブ構造を有する磁気センサーで、その強磁性金属層を構成する $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比が26at%であるもののMR比を印加磁場の関数としてプロットした磁気抵抗効果曲線である。

【図16】スピンバルブ構造を有する磁気センサーで、その強磁性金属層を構成する $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比が31at%であるもののMR比を印加磁場の関数としてプロットした磁気抵抗効果曲線である。

【図17】スピンバルブ構造を有する磁気センサーで、その強磁性金属層を構成する $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比が35at%であるもののMR比を印加磁場の関数としてプロットした磁気抵抗効果曲線である。

【図18】スピンバルブ構造を有する磁気センサーで、その強磁性金属層を構成する $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比が40at%であるもののMR比を印加磁場の関数としてプロットした磁気抵抗効果曲線である。

【図19】スピンバルブ構造を有する磁気センサーで、その強磁性金属層を構成する $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比が51at%であるもののMR比を印加磁場の関数としてプロットした磁気抵抗効果曲線である。

【図20】スピンバルブ構造を有する磁気センサーで、その強磁性金属層を構成する $\text{CoFe}_x$ のFeの組成比

15

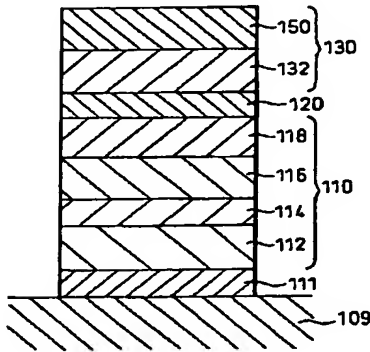
が57at%であるもののMR比を印加磁場の関数としてプロットした磁気抵抗効果曲線である。

【符号の説明】

- 1…磁気センサー  
2…強磁性トンネル接合単位  
6…基板

【図1】

図1



\*10…下部電極

11…第1の強磁性層

20…絶縁障壁層

30…上部電極

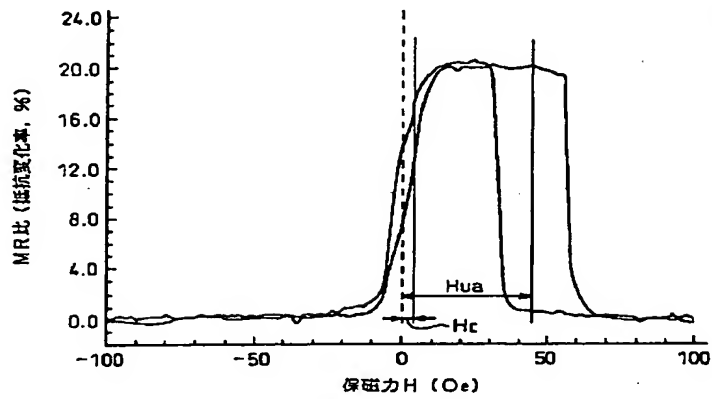
31…第2の強磁性層

\*

16

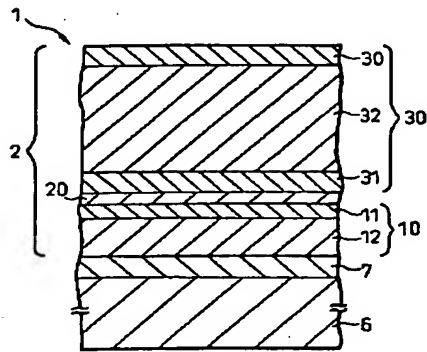
【図2】

図2



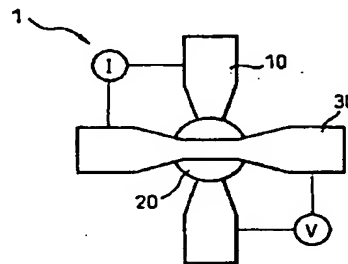
【図3】

図3



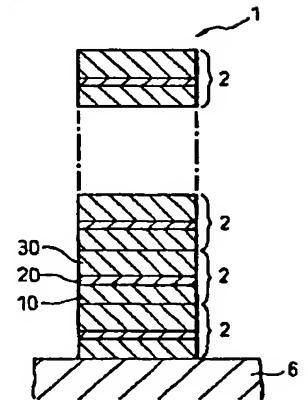
【図4】

図4



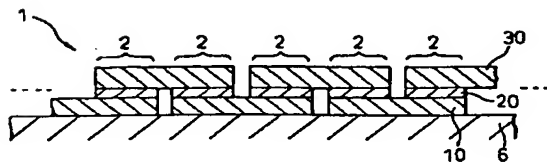
【図8】

図8



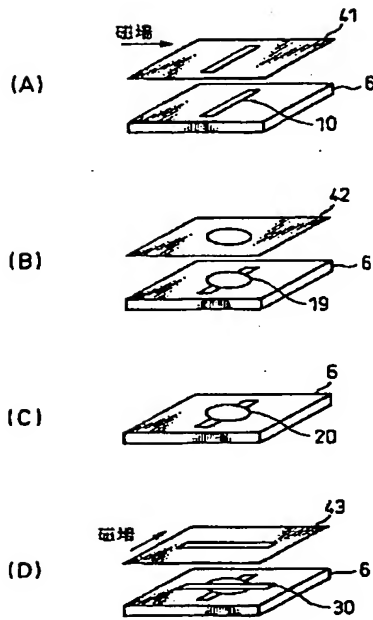
【図7】

図7



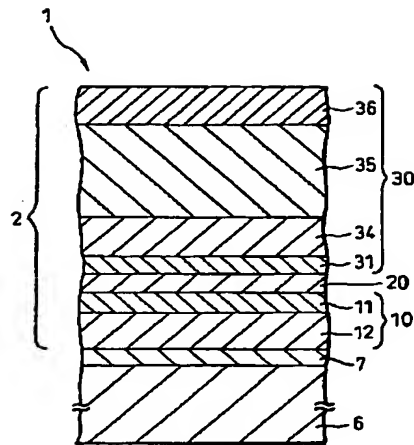
【図 5】

図 5



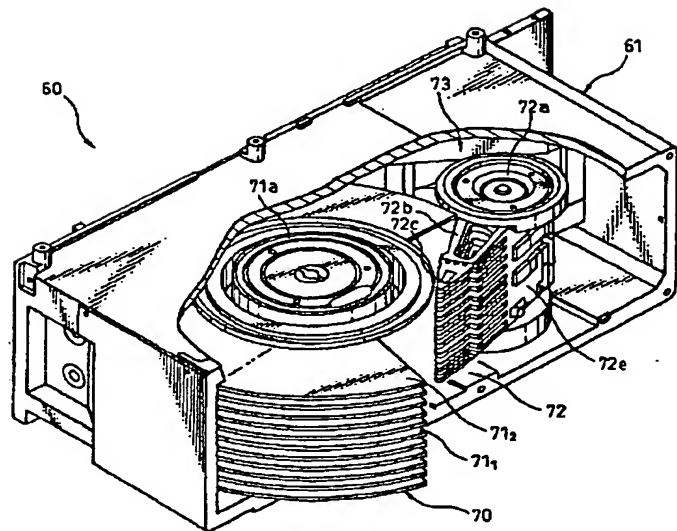
【図 6】

図 6



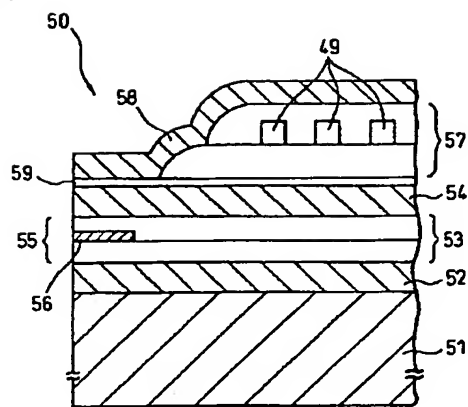
【図 11】

図 11

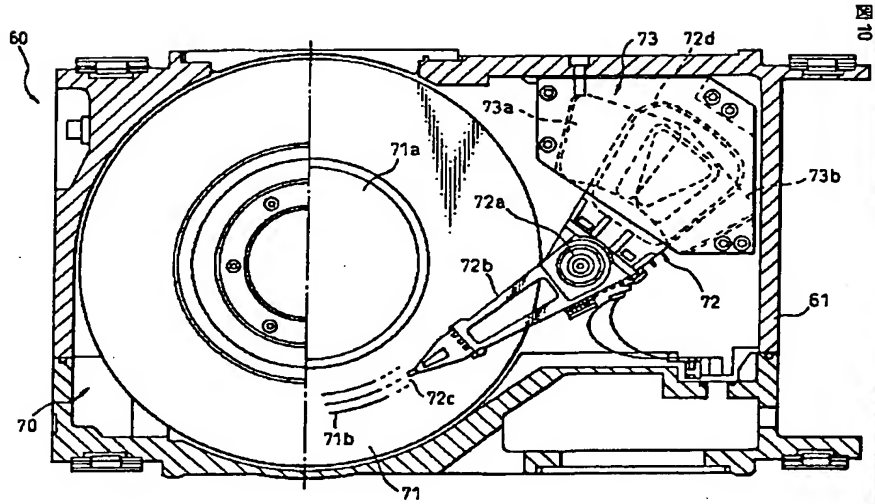


【図 9】

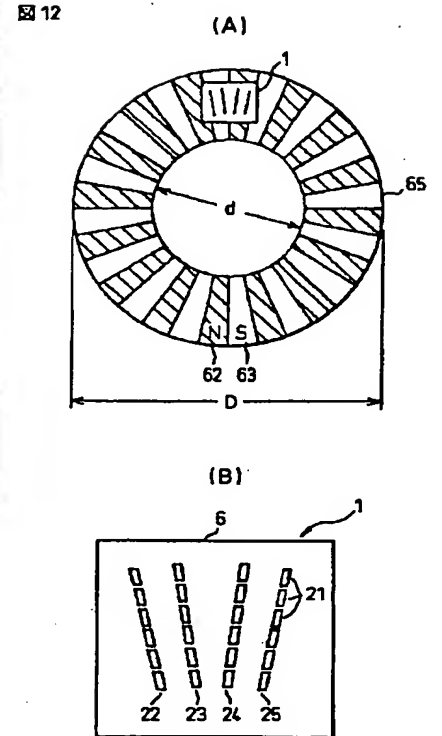
図 9



【図10】

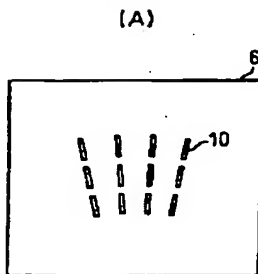


【図12】



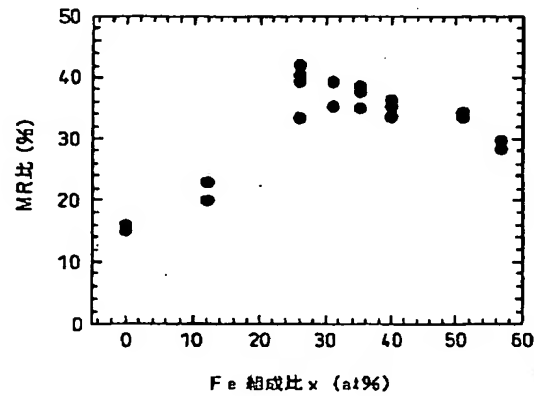
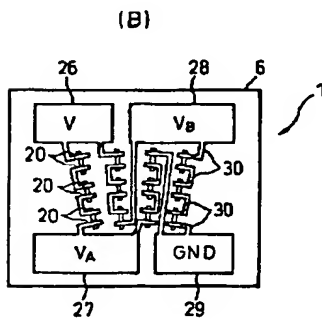
【図13】

図13



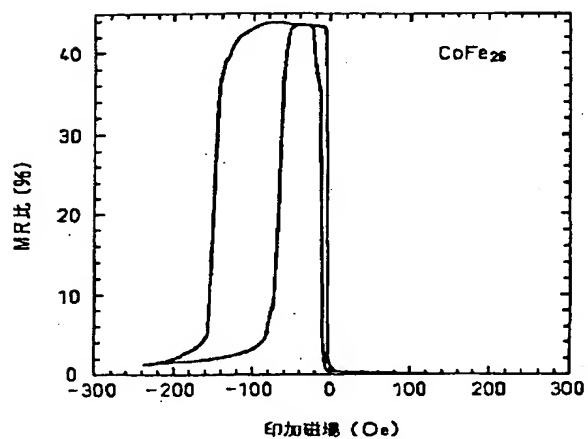
【図14】

図14



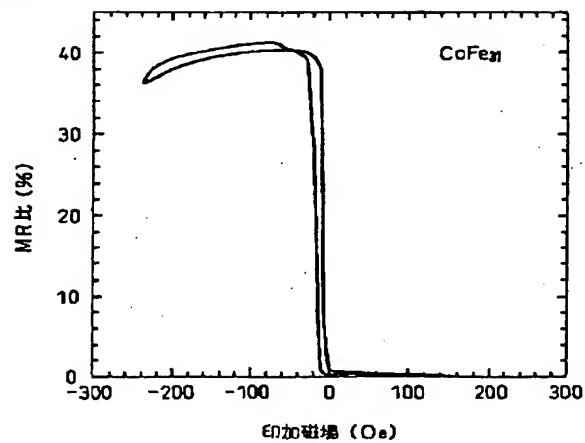
【図15】

図15



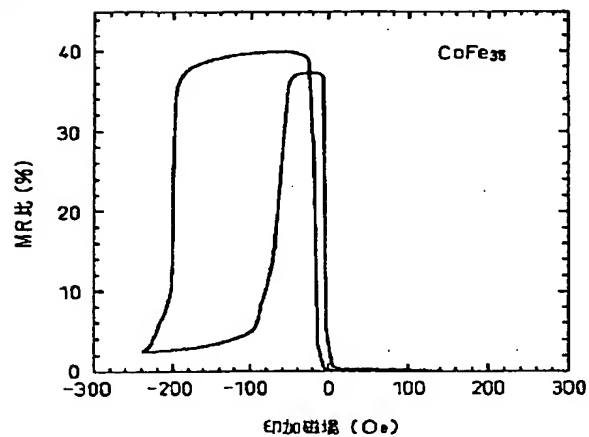
【図16】

図16



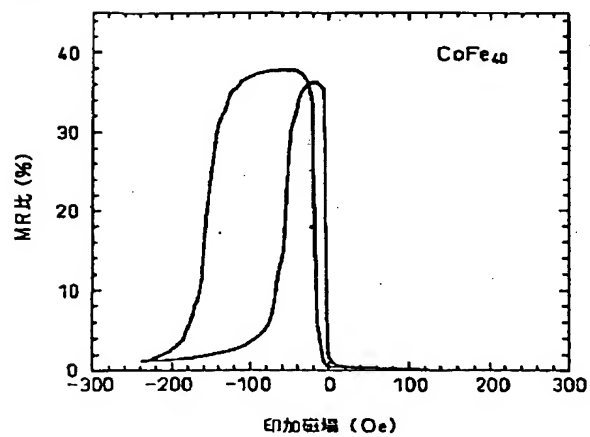
【図17】

図17



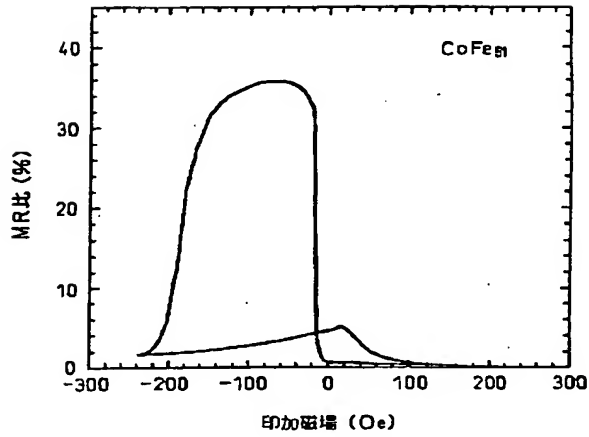
【図18】

図18



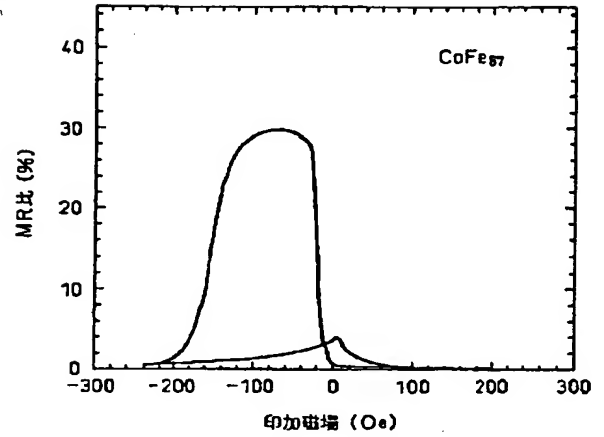
【図19】

図19



【図20】

図20



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 43/10

識別記号

F I  
G 0 1 R 33/06

テーマコード(参考)

R

(72)発明者 小林 和雄  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AD55 AD63 AD65  
5D034 BA02 BA08 BA15  
5E049 AA04 AA07 AA09 AA10 AC00  
AC05 BA12 BA16